

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 600 525**

51 Int. Cl.:

G01F 1/66 (2006.01)

G01N 29/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.04.2004 E 11166173 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.09.2016 EP 2366981**

54 Título: **Sistema de concentración de oxígeno para generar gas enriquecido en oxígeno**

30 Prioridad:

21.04.2003 JP 2003115333

13.06.2003 JP 2003168911

08.07.2003 JP 2003271779

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

09.02.2017

73 Titular/es:

**TEIJIN PHARMA LIMITED (100.0%)
2-1, Kasumigaseki 3-chome, Chiyoda-ku
Tokyo 100-8585, JP**

72 Inventor/es:

FUJIMOTO, NAOTOSHI

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 600 525 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Sistema de concentración de oxígeno para generar gas enriquecido en oxígeno

Campo Técnico

La invención se refiere a un sistema de concentración de oxígeno para concentrar gas oxígeno.

5 Técnica Anterior

Es bien conocido que la velocidad de propagación de las ondas ultrasónicas a través de un gas de muestra es presentada por una función de la concentración y la temperatura del gas de muestra. La velocidad C (m/s) de las ondas ultrasónicas que se propagan a través de un gas estacionario es presentada por la ecuación de flujo (1) con peso molecular medio M y la temperatura T (K)

$$10 \quad C = (KRT/M)^{1/2} \dots (1)$$

donde:

K: razón entre calor específico molecular a volumen constante y calor específico molecular a presión constante

R: constante de los gases

15 Por lo tanto, la medida de la velocidad C (m/s) de las ondas ultrasónicas que se propagan a través de un gas de muestra proporcionará el peso molecular medio M del gas de muestra a través de un cálculo. Por ejemplo, el peso molecular medio M de un gas de muestra que contiene una mezcla gaseosa de oxígeno-nitrógeno con una proporción de mezcla P:(1-P) ($0 \leq P \leq 1$) se calculará mediante la siguiente ecuación (2).

$$M = M_{O_2}P + M_{N_2}(1-P) \dots (2)$$

donde:

20 M_{O_2} : Peso Molecular de gas oxígeno

M_{N_2} : Peso Molecular de gas nitrógeno

Por lo tanto, la concentración P de oxígeno se obtendrá por medio de un cálculo sobre la base de la medida del peso molecular medio M. Cuando el gas de muestra es una mezcla de oxígeno-nitrógeno, un valor de K=1,4 es razonable en un amplio rango de proporciones de mezcla oxígeno-nitrógeno.

25 Cuando la velocidad de las ondas ultrasónicas que se propagan a través de un gas de muestra es C (m/s) y la velocidad de flujo del gas de muestra es V (m/s), la velocidad C_1 (m/s) de ondas ultrasónicas que se propagan en la dirección hacia adelante con respecto al flujo del gas de muestra es $C_1 = C + V$, y la velocidad C_2 (m/s) de ondas ultrasónicas que se propagan en la dirección hacia atrás con respecto al flujo del gas de muestra es $C_2 = C - V$. Por lo tanto, la velocidad V (m/s) del flujo del gas de muestra se calcula mediante la siguiente ecuación (3).

$$30 \quad V = (C_1 - C_2) / 2 \dots (3)$$

El caudal (m^3/s) del gas de muestra se obtendrá multiplicando la velocidad del flujo del gas de muestra por el área (m^2) de la sección del conducto a través del cual fluye el gas de muestra.

35 Se han desarrollado métodos y aparatos para medir la concentración de un cierto gas o la velocidad de flujo de un gas de muestra, utilizando el principio anterior, sobre la base de la velocidad de propagación o del tiempo de propagación de las ondas ultrasónicas a través del gas de muestra. Por ejemplo, la Publicación de Patente Japonesa no Examinada (Kokai) N° 6-213877 describe un aparato para medir la concentración y el caudal de un gas de muestra midiendo el tiempo de propagación de ondas ultrasónicas que se propagan entre dos transductores ultrasónicos situados uno enfrente del otro dentro de un conducto a través del cual fluye el gas de muestra. Además, las Publicaciones de Patente Japonesas no Examinadas (Kokai) N° 7-209265 y N° 8-233718 describen un aparato para medir la concentración de un cierto gas contenido en un gas de muestra midiendo la velocidad de propagación o el tiempo de propagación de ondas ultrasónicas que se propagan a través de un volumen con un aparato de tipo reflectante que incluye un transductor ultrasónico y un reflector situado enfrente de él.

45 En un método y un aparato como éstos para medir la concentración y el caudal utilizando la velocidad de propagación de ondas ultrasónicas, es necesario medir con precisión el tiempo de propagación de las ondas ultrasónicas. Sin embargo, la señal generada sobre la base de las ondas ultrasónicas recibidas siempre incluye componente de ruido, lo cual hace difícil determinar el momento en que las ondas ultrasónicas son recibidas por el transductor ultrasónico. Por lo tanto, el tiempo de propagación de las ondas ultrasónicas se estima de forma indirecta por medio de un complejo procedimiento de procesamiento de la señal o de un hardware complejo. Por ejemplo, la Publicación de Patente Japonesa no Examinada (Kokai) N° 9-318644 describe un método para medir un tiempo de propagación de ondas ultrasónicas en el cual se integra la forma de onda de las ondas ultrasónicas recibidas. Después de que los resultados de la integración de la forma de onda alcancen un valor predeterminado, se determina el primer instante de tiempo de paso por cero como el tiempo de propagación de las ondas ultrasónicas para la medida del caudal. De acuerdo con el método, la cadencia de la generación de la señal de paso por cero no fluctúa aunque la amplitud de las ondas recibidas fluctúe en cierta medida. Por lo tanto, el instante de

tiempo de paso por cero obtenido es relativamente cercano al momento en que realmente llegan las ondas ultrasónicas. Sin embargo, el instante de tiempo de paso por cero obtenido no es el tiempo de propagación real de las ondas ultrasónicas. En particular, cuando se mide la concentración, el error de medida se ve muy afectado por la diferencia entre el tiempo de propagación real y el instante de tiempo de paso por cero.

5 Además, la Publicación de Patente Japonesa no Examinada (Kokai) N° 60-138422 describe un dispositivo de medida del caudal en el cual se calcula una curva envolvente sobre la base de la forma de onda de las ondas ultrasónicas recibidas. El tiempo de ascenso de la curva envolvente se calcula mediante una ecuación aproximada para estimar el tiempo de propagación ultrasónica. Sin embargo, para muestrear las ondas ultrasónicas recibidas es necesario un hardware y para calcular la curva envolvente basada en la forma de onda muestreada es necesario un procesamiento de señal complejo. Por lo tanto, de acuerdo con la invención de JPP '422, es difícil proporcionar un dispositivo compacto con bajo coste.

10 EP 1 286 159 A1 enseña un medidor de flujo de gas ultrasónico. En el extremo de un conducto recto se fija un elemento de transmisión y recepción de ultrasonidos y, frente al mismo, una placa reflectante. El gas se introduce en el conducto y es expulsado del mismo a través de porciones perpendiculares en el extremo del conducto.

15 US 4 325 262 se refiere a un medidor de flujo de líquido que también utiliza un tubo recto y un transductor de emisión de sonido situado en una abertura del tubo y un transductor de recepción de sonido situado en la otra abertura del tubo. Los dos transductores se enfrentan entre sí. El tubo se incorpora en una unidad de cámara que comprende una cámara que rodea al tubo en un extremo para introducir el líquido, y una segunda cámara separada para recibir el líquido después de que ha atravesado el tubo que rodea la otra porción de extremo del tubo.

20 FR 2 462 837 se centra en el transductor ultrasónico como tal. En la Figura 5 de la misma, muestra una disposición en cierto modo similar a la descrita en US 4 325 262.

EP 0 606 536 A1 enseña aún otra disposición de sensor con sensores ultrasónicos, de nuevo con una disposición similar a la que se enseña en el documento US 4 325 262.

Descripción de la Invención

25 El objeto de la invención es proporcionar una estrategia para enriquecer un gas en oxígeno.

Así, de acuerdo con la invención, se proporciona un sistema de concentración de oxígeno para generar un gas enriquecido en oxígeno, que comprende las características de la reivindicación independiente 1.

Breve Descripción de los Dibujos

La Figura 1 es un diagrama esquemático de un aparato de concentración de oxígeno de acuerdo con la invención;

30 La Figura 2 es un diagrama esquemático de un aparato ultrasónico de la invención;

La Figura 3A es una forma de onda basada en las ondas ultrasónicas recibidas;

La Figura 3B es una ilustración ampliada de una parte de las formas de onda mostradas en la Figura 3A;

La Figura 4 es una ilustración que muestra la forma de onda ultrasónica con las señales de disparo y las señales de paso por cero;

35 La Figura 5 es una gráfica que muestra la relación entre la velocidad de las ondas ultrasónicas y la temperatura;

La Figura 6 es una ilustración que muestra formas de onda ultrasónicas que viajan hacia adelante y que viajan hacia atrás en el caso en que las fases, en las cuales se generan las señales de disparo, coinciden la una con la otra;

La Figura 7 es una ilustración similar a la de la Figura 6 en el caso en que las fases no coinciden la una con la otra;

La Figura 8 es una ilustración similar a la de la Figura 6 en el caso en que las fases no coinciden la una con la otra;

40 La Figura 9 es una ilustración explicativa para explicar la forma de obtener el instante de tiempo de paso por cero con la suposición de que el gas de muestra está en estado estacionario;

La Figura 10 es una ilustración explicativa para explicar la forma de obtener el punto de recepción ultrasónico;

La Figura 11 es una sección del aparato ultrasónico de acuerdo con otra realización de la invención;

45 La Figura 12 es una ilustración explicativa para explicar el campo acústico formado en la parte delantera de un transductor ultrasónico;

La Figura 13 muestra resultados experimentales de formas de onda ultrasónicas que fueron obtenidos mediante un aparato de la Figura 11;

La Figura 14 muestra resultados experimentales de formas de onda ultrasónicas que fueron obtenidos mediante un aparato de la Figura 11; y

50 La Figura 15 muestra resultados experimentales de formas de onda ultrasónicas que fueron obtenidos mediante un aparato de la Figura 11;

Mejor Modo de Llevar a Cabo la Invención

A continuación se describirá una realización preferente de la presente invención. En la realización descrita más adelante, un gas de muestra está compuesto por una mezcla de oxígeno y nitrógeno. Sin embargo, el gas de muestra que se puede medir no está limitado a un gas de muestra de oxígeno y nitrógeno y la presente invención se puede suministrar a una mezcla que incluya otro gas.

La Figura 1 muestra un diagrama esquemático de un sistema de concentración de oxígeno que tiene un aparato ultrasónico de medida de concentración de gas y del caudal de acuerdo con una realización preferente de la presente invención.

El aparato 100 incluye un aparato 102 de concentración de oxígeno que produce un gas enriquecido en oxígeno extrayendo nitrógeno del aire suministrado por un compresor 104 desde el exterior del sistema a través de un filtro 106. El gas enriquecido en oxígeno producido por el aparato 102 de concentración de oxígeno se suministra a un aparato 200 ultrasónico de la presente invención a través de un dispositivo 108 de ajuste del caudal, tal como por ejemplo una válvula de reducción de presión. El gas enriquecido en oxígeno producido se suministra a continuación a un usuario o a un paciente a través de un filtro 110 de producción.

El aparato de concentración de oxígeno incluye una pluralidad de columnas (no mostradas) para alojar adsorbente de nitrógeno tal como una zeolita, un sistema de tuberías (no mostrado) que incluye conductos para dirigir el aire comprimido desde el compresor 104 a cada una de las columnas de la pluralidad de ellas y para dirigir el gas enriquecido en oxígeno producido desde las columnas hacia el dispositivo 108 de ajuste del caudal, y válvulas (no mostradas) situadas en el sistema de tuberías para abrir y cerrar de forma selectiva los conductos, de tal manera que el adsorbente contenido en una de las columnas adsorbe nitrógeno para producir el gas enriquecido en oxígeno y el adsorbente contenido en las otras columnas deja salir el nitrógeno adsorbido para la regeneración del adsorbente.

Haciendo referencia a la Figura 2, se describirá a continuación el aparato 200 ultrasónico de la presente invención para medir la concentración y el caudal de un gas de muestra.

El aparato 200 para medida de la concentración y del caudal incluye un conducto 202 para que fluya un gas de muestra o el gas enriquecido en oxígeno producido por el aparato 102 de concentración de oxígeno. El conducto 202 tiene una porción 208 recta y porciones 204 y 206 perpendiculares conectadas a los extremos de la porción recta. La porción 208 recta comprende un elemento de conducto que tiene una sección circular, cuyo diámetro no cambia a lo largo del eje longitudinal. Un primer transductor 218 ultrasónico, que proporciona un primer dispositivo de transmisión-recepción ultrasónico, se proporciona de forma fija en un extremo del interior de la porción recta, y un segundo transductor 222 ultrasónico, que proporciona un segundo dispositivo de transmisión-recepción ultrasónico, está montado fijamente en el otro extremo del interior de la porción 208 recta de forma que quede enfrentado con el primer transductor 218 ultrasónico. En esta realización, a la distancia entre los transductores ultrasónico primero 218 y segundo 222 se le denomina longitud L_s de propagación.

La porción perpendicular, situada en el lado de aguas arriba con respecto a la dirección del flujo del gas a través del conducto 202, tiene un orificio 204a de entrada. El aparato 102 de concentración de oxígeno está conectado, a través de un conducto 210 de suministro, al orificio 204a de entrada como una fuente 212 de gas de muestra.

La porción 206 perpendicular, situada en el lado de aguas abajo con respecto a la dirección del flujo del gas a través del conducto 202, tiene un orificio 206a de salida al cual está conectado el filtro 110 de producción.

Un conmutador 224 de transmisión-recepción está conectado a los transductores ultrasónicos primero 218 y segundo 222. El conmutador 224 de transmisión-recepción conmuta de manera independiente el modo de funcionamiento de los transductores ultrasónicos primero 218 y segundo 222 entre un modo de transmisión en el que los transductores ultrasónicos primero 218 y segundo 222 transmiten ondas ultrasónicas y un modo de recepción en el que los transductores ultrasónicos primero 218 y segundo 222 reciben las ondas ultrasónicas. El conmutador 224 de transmisión-recepción está conectado a un microcomputador 226 de tal manera que la operación de conmutación del conmutador 224 de transmisión-recepción está controlada por el microcomputador 226.

Sensores 216 y 220 de temperatura, para medir la temperatura del gas que fluye a través del conducto 202, están situados preferiblemente en las porciones 204 y 206 perpendiculares de tal manera que no perturban el flujo en la porción 208 recta. Los sensores 216 y 220 de temperatura están conectados al microcomputador 226. En relación con esto, si los cambios en la temperatura del gas de muestra son pequeños, se puede colocar sólo uno de los sensores 216 y 220 de temperatura.

Al microcomputador 226 están conectados un excitador 228 para excitar a los transductores ultrasónicos primero 218 y segundo 222, un circuito 230 de detección de paso por cero para detectar instantes de tiempo de paso por cero de las señales procedentes de los transductores ultrasónicos primero 218 y segundo 222, una unidad 234 de visualización para indicar, por ejemplo, la condición de funcionamiento del dispositivo 200 y los resultados de la medida y una memoria 232 que incluye un dispositivo de memoria no volátil o un dispositivo de disco para almacenar el sistema operativo para el microcomputador 226 y diferentes parámetros.

Se describirá a continuación el funcionamiento del aparato 200 ultrasónico para medida de la concentración y del caudal de la presente realización.

Se suministra al conducto 202 un gas de muestra, por ejemplo una mezcla de gases oxígeno-nitrógeno cuya proporción de mezcla es $P:(1-P)$ ($0 \leq P \leq 1$). En ese instante, las temperaturas del gas de muestra son medidas por los sensores 216 y 220 de temperatura y el valor medio de las mismas se almacena en la memoria 232 como temperatura de referencia $T_0(K)$. De acuerdo con la realización, el rango de temperaturas de trabajo del sistema 100 se selecciona preferiblemente, por ejemplo, entre 5-35 grados Celsius.

Durante el suministro del gas de muestra, desde el microcomputador 226 se transmiten al excitador 228 pulsos para generar las ondas ultrasónicas. Al primer transductor 218 ultrasónico se le suministra un pulso de tensión desde el excitador 228 a través del conmutador 224 de transmisión-recepción. El primer transductor 218 ultrasónico genera ondas ultrasónicas correspondientes al pulso de tensión. Las ondas ultrasónicas generadas por el primer transductor 218 ultrasónico se propagan a través del gas de muestra que fluye a través de la porción 208 recta del conducto 202 y son recibidas por el segundo transductor 222 ultrasónico. El segundo transductor 222 ultrasónico genera una señal eléctrica correspondiente a las ondas ultrasónicas recibidas y la envía al microcomputador 226 a través del conmutador 224 de transmisión-recepción y del circuito 230 de detección de paso por cero. El microcomputador 226 calcula el tiempo t_{s1} (s) de propagación hacia adelante sobre la base del instante de tiempo en que los pulsos transmitidos son generados y enviados al excitador 228 y del instante en que es recibida la señal eléctrica procedente del segundo transductor 222 ultrasónico.

A continuación, el conmutador 224 de transmisión-recepción conmuta el modo de funcionamiento del primer transductor 218 ultrasónico del modo de transmisión al modo de recepción justo después de que se reciba la señal eléctrica procedente del segundo transductor 222 ultrasónico y también conmuta el modo de funcionamiento del segundo transductor 222 ultrasónico del modo de recepción al modo de transmisión. Después de esto, desde el microcomputador 226 se transmiten al excitador 228 pulsos para generar las ondas ultrasónicas. Al segundo transductor 222 ultrasónico se le suministra un pulso de tensión desde el excitador 228 a través del conmutador 224 de transmisión-recepción. El segundo transductor 222 ultrasónico genera ondas ultrasónicas correspondientes al pulso de tensión. Las ondas ultrasónicas son recibidas por el primer transductor 218 ultrasónico. El primer transductor 218 ultrasónico genera una señal eléctrica correspondiente a las ondas ultrasónicas recibidas y la envía al microcomputador 226 a través del conmutador 224 de transmisión-recepción y del circuito 230 de detección de paso por cero. El microcomputador 226 calcula el tiempo t_{s2} (s) de propagación hacia atrás sobre la base del instante de tiempo en que los pulsos transmitidos son generados y enviados al excitador 228 y del instante en que es recibida la señal eléctrica procedente del primer transductor 218 ultrasónico.

Obteniendo el valor medio de t_{s1} y t_{s2} , se puede eliminar la afectación del flujo del gas de muestra en el conducto 202. El tiempo t_s de propagación ultrasónica en el gas de muestra estacionario viene definido por la siguiente ecuación (4):

$$t_s = (t_{s1} + t_{s2}) / 2 \dots(4)$$

El microcomputador 226 calcula a continuación la velocidad C_s (m/s) de propagación ultrasónica a través del gas de muestra estacionario mediante la ecuación de flujo (5).

$$C_s = L_s/t_s \dots(5)$$

La concentración de oxígeno P_s se obtiene mediante la siguiente ecuación (6) sobre la base de las ecuaciones (1) y (2).

$$P_s = (KRT_s/C_s^2 - M_{N2}) / (M_{O2} - M_{N2}) \dots(6)$$

Además, la concentración de oxígeno en la muestra se puede obtener como un ratio de la velocidad de propagación ultrasónica en el gas de muestra y las velocidades de propagación ultrasónica en gas oxígeno al 100% y en gas nitrógeno al 100%. Es decir, utilizando la ecuación (1) se pueden obtener fácilmente la velocidad de propagación ultrasónica C_{O2} (m/s) a temperatura $T_s(K)$ a través de gas oxígeno al 100% y la velocidad de propagación ultrasónica C_{N2} (m/s) a temperatura $T_s(K)$ a través de gas nitrógeno al 100%. De esta manera, P_s se puede calcular mediante la siguiente ecuación (7) con la velocidad de propagación ultrasónica C_s (m/s) a través del gas de muestra.

$$P_s = (1/C_s^2 - 1/C_{N2}^2) / (1/C_{O2}^2 - 1/C_{N2}^2) \dots(7)$$

Estos cálculos son realizados por el microcomputador 226, y los resultados son indicados por la unidad 234 de visualización.

A continuación, la explicación se dirigirá a un método de obtención de t_{s1} y t_{s2} . En relación con esto, en la presente solicitud, al momento en que el primer transductor 218 ultrasónico o el segundo 222 transmite las ondas ultrasónicas se le denomina tiempo de emisión y al momento en que el primer transductor 218 ultrasónico o el segundo 222 recibe las ondas ultrasónicas se le denomina punto de recepción ultrasónico.

La Figura 3A muestra una forma de onda ultrasónica típica recibida por el microcomputador 226 y la Figura 3B es una ampliación de una parte de la forma de onda mostrada por el círculo 3B. Como muestran las Figuras 3A y 3B, la forma de onda incluye varios componentes de ruido, lo cual hace que sea difícil detectar el punto de recepción

ultrasónico de las ondas ultrasónicas que se propagan a través del gas de muestra. Por lo tanto, de acuerdo con la presente invención, el punto de recepción ultrasónico se estima sobre la base del instante de tiempo de paso por cero de la forma de onda que se detecta después de que la amplitud de la forma de onda aumente suficientemente hasta cierto punto. Para ello, el circuito 230 de detección de paso por cero incluye un comparador de paso por cero y un comparador de disparo.

Haciendo referencia a la Figura 4, el comparador de disparo envía al microcomputador 226 una señal S_{ti} de disparo cuando la forma de onda supera en dirección ascendente un nivel predeterminado. El comparador de paso por cero envía al microcomputador 226 una señal Z_{ci} de paso por cero cuando la forma de onda supera en dirección ascendente el nivel cero. El microcomputador 226 determina cada una de las señales Z_{ci} de paso por cero como un instante de tiempo de paso por cero después de que la primera señal S_{ti} de disparo es recibida por el microcomputador 226. Preferiblemente, el microcomputador 226 determina tres primeras señales Z_{c1} , Z_{c2} y Z_{c3} de paso por cero como instantes de tiempo de paso por cero primero a tercero.

El intervalo entre cada uno de los instantes de tiempo de paso por cero corresponde teóricamente al ciclo de las ondas ultrasónicas. Por lo tanto, el punto de recepción ultrasónico se puede estimar rastreando hacia atrás desde el primer instante de tiempo de paso por cero Z_{c1} a lo largo del eje de tiempos por un múltiplo entero del ciclo de las ondas ultrasónicas y, por lo tanto, el tiempo de propagación se puede estimar restando el tiempo de emisión y un múltiplo entero del ciclo de las ondas ultrasónicas desde el punto de recepción ultrasónico.

Como se ha descrito anteriormente, la velocidad C (m/s) de ondas ultrasónicas que se propagan a través de un gas estacionario es presentada por la ecuación (1). Por ejemplo, la velocidad de ondas ultrasónicas a través de un gas nitrógeno puro a 20 grados Celsius es 349,1 m/s, y la velocidad de ondas ultrasónicas a través de un gas oxígeno puro a 20 grados Celsius es 326,6 m/s. Por lo tanto, a 20 grados Celsius, la velocidad de ondas ultrasónicas a través de una mezcla de gases oxígeno-nitrógeno cae dentro del rango de 326,6 a 49,1 m/s. La Figura 5 es una gráfica que muestra la relación entre la velocidad de ondas ultrasónicas y la temperatura del gas, en la cual los límites superior e inferior de la velocidad ultrasónica a través de una mezcla de gases oxígeno-nitrógeno se indican mediante $C_{max}(T)$ y $C_{min}(T)$. El rango de tiempos de propagación posibles es de $L_s/C_{max}(T)$ a $L_s/C_{min}(T)$.

Por lo tanto, si se selecciona la longitud L_s de propagación de manera que se cumpla la siguiente relación (8), sólo se puede seleccionar un número entero, lo cual permite que el punto de recepción ultrasónico caiga dentro del rango de tiempos de propagación posibles.

$$(L_s/C_{min}(T) - L_s/C_{max}(T)) < 1/f \dots (8)$$

donde:

f : frecuencia de las ondas ultrasónicas en el gas de muestra

La temperatura T del gas que proporciona el valor máximo de $(L_s/C_{max}(T) - L_s/C_{min}(T))$ es el límite inferior de la temperatura de trabajo. Si la temperatura de trabajo es 5 grados Celsius, y la frecuencia de las ondas ultrasónicas es 40 kHz, la longitud L_s de propagación que cumple la relación (8) se calcula como sigue.

$$L_s < 12,3 \text{ cm} \dots (9)$$

De acuerdo con la realización, se utiliza $L_s=0,1$ como ejemplo.

Para obtener el tiempo t_s de propagación ultrasónico, se miden previamente los tiempos t_{s1} y t_{s2} de propagación hacia adelante y hacia atrás. Con referencia a la Figura 6, las señales de disparo se generan cuando las segundas ondas en las dos formas de onda, la que viaja hacia adelante y la que viaja hacia atrás, superan el nivel de disparo. En este caso, las señales de disparo se generan con la misma cadencia o fase con respecto a las formas de onda y la diferencia en los instantes de tiempo de paso por cero entre las ondas que viajan hacia adelante y las que viajan hacia atrás, $A = Z_{cBi} - Z_{cFi}$, es substancialmente igual a la diferencia t_d de los tiempos de propagación t_{s1} y t_{s2} entre las ondas que viajan hacia adelante y las que viajan hacia atrás (Z_{cFi} : los instantes de tiempo de paso por cero de la forma de onda que viaja hacia adelante, Z_{cBi} : los instantes de tiempo de paso por cero de la forma de onda que viaja hacia atrás, $i = 1, 2, 3 \dots$ (número de onda)).

Sin embargo, las señales S_{ti} de disparo se generan a menudo en diferentes fases de las formas de onda entre las ondas que viajan hacia adelante y las que viajan hacia atrás, incluso si se utiliza el mismo nivel de disparo. Haciendo referencia a la Figura 7, para las ondas que viajan hacia adelante, la señal de disparo se genera cuando la tercera onda supera el nivel de disparo y, para las ondas que viajan hacia atrás, la señal de disparo se genera cuando la segunda onda supera el nivel de disparo. Por lo tanto, la señal de disparo para las ondas que viajan hacia atrás se genera un ciclo antes que la señal de disparo para las ondas que viajan hacia adelante. En este caso, la diferencia en los instantes de tiempo de paso por cero entre las ondas que viajan hacia adelante y las que viajan hacia atrás, $A = Z_{cBi} - Z_{cFi}$, proporciona un valor negativo. Si el gas de muestra fluye a través del conducto 202, $A = Z_{cBi} - Z_{cFi}$ no debe hacerse negativo. Por lo tanto, si $Z_{cBi} - Z_{cFi}$ proporciona un valor negativo, es evidente que la señal de disparo para las ondas que viajan hacia atrás se genera antes que la señal de disparo para las ondas que viajan hacia adelante.

Por otro lado, haciendo referencia a la Figura 8, para las ondas que viajan hacia adelante, la señal de disparo se genera cuando la segunda onda supera el nivel de disparo y, para las ondas que viajan hacia atrás, la señal de

disparo se genera cuando la tercera onda supera el nivel de disparo. En este caso, la diferencia en los instantes de tiempo de paso por cero entre las ondas que viajan hacia adelante y las que viajan hacia atrás, $A = Z_{cBi} - Z_{cFi}$, es mayor que un ciclo de las ondas ultrasónicas, lo cual indica que la señal de disparo para las ondas que viajan hacia adelante se genera antes que la señal de disparo para las ondas que viajan hacia atrás.

- 5 De acuerdo con la realización de la invención, el conducto 202 está diseñado de tal manera que la diferencia t_d de tiempos de propagación entre las ondas que viajan hacia adelante y las que viajan hacia atrás siempre cae dentro de un ciclo de las ondas ultrasónicas. Este rasgo permite al microcomputador 226 distinguir los casos mostrados en las Figuras 7 y 8 uno del otro y calcular la diferencia t_d de tiempos de propagación. Es decir, si $A = Z_{cBi} - Z_{cFi}$ es negativo, el caso es como se muestra en la Figura 7, y si $A = Z_{cBi} - Z_{cFi}$ es mayor que un ciclo de las ondas ultrasónicas el caso es como se muestra en la Figura 8.

De esta manera, se describirá a continuación la configuración del conducto 202 que tiene el rasgo anterior.

El rango posible de la velocidad V (m/s) de flujo del gas de muestra es presentado por la siguiente desigualdad (10).

$$0 \leq V \leq Q/(60000\pi r^2) \dots(10)$$

donde:

- 15 Q: caudal del gas de muestra (litros/min)

r: radio interior del conducto (m)

Como se ha descrito anteriormente, la velocidad de las ondas ultrasónicas que se propagan en la dirección hacia adelante con respecto al flujo de gas de muestra es $C_1=C+V$, y la velocidad de las ondas ultrasónicas que se propagan en la dirección hacia atrás con respecto al flujo de gas de muestra es $C_2=C-V$.

- 20 Donde:

C: la velocidad de las ondas ultrasónicas que se propagan a través de un gas de muestra estacionario (m/s)

C_1 : la velocidad de las ondas ultrasónicas que se propagan en la dirección hacia adelante con respecto al flujo de gas de muestra (m/s)

- 25 C_2 : la velocidad de las ondas ultrasónicas que se propagan en la dirección hacia atrás con respecto al flujo de gas de muestra (m/s)

V: la velocidad del flujo (m/s)

La diferencia t_d de tiempos de propagación se calcula mediante la siguiente ecuación.

$$t_d = L_s/C_2 - L_s/C_1 = L_s/(C-V) - L_s/(C+V) \dots(11)$$

- 30 Por lo tanto, si el radio interior del conducto 202 cumple la siguiente relación (12), la diferencia t_d de tiempos de propagación se hace menor que el ciclo de las ondas ultrasónicas.

$$L_s/(C - Q/(60000\pi r^2)) - L_s/(C + Q/(60000\pi r^2)) < 1/f \dots(12)$$

- 35 El término de la izquierda de la desigualdad (12) se maximiza cuando la velocidad de las ondas ultrasónicas a través del conducto 202 es mínima ($C=C_{min}$ (5 grados Celsius)=318,1 m/s). Por lo tanto, por ejemplo, si la frecuencia de las ondas ultrasónicas a través del conducto 202 es 40 (kHz), el caudal $Q=10$ (litros/min) y la longitud del conducto 202 es 10 (cm), entonces el radio interior r (mm) del conducto 202 es $r > 2,05$ (mm). De acuerdo con la realización, se selecciona $r = 2,5$ (mm) como ejemplo.

A continuación, se describirá en detalle el método para medir la concentración y el caudal de un gas de muestra.

- 40 En primer lugar, en el caso mostrado en la Figura 6, la diferencia t_d de tiempos de propagación entre las ondas que viajan hacia adelante y las que viajan hacia atrás se obtiene mediante $A = Z_{cBi} - Z_{cFi}$, porque, como se ha descrito anteriormente, la diferencia t_d de tiempos de propagación es substancialmente igual a la diferencia $A = Z_{cBi} - Z_{cFi}$. En el caso mostrado en la Figura 7, la diferencia t_d de tiempos de propagación se obtiene mediante $B = Z_{cBi+1} - Z_{cFi}$. Además, en el caso mostrado en la Figura 8, la diferencia t_d de tiempos de propagación se obtiene mediante $B = Z_{cBi} - Z_{cFi+1}$. Preferiblemente, se obtienen una pluralidad de los valores A ó B para calcular la media aritmética.

- 45 A continuación, se estima la velocidad de las ondas ultrasónicas a través del gas de muestra con la suposición de que el gas de muestra está en estado estacionario. Para ello, se determina previamente sobre la base del valor de A la diferencia de fase en las salidas de las señales de disparo. Si no existe diferencia de fase, como se muestra en la Figura 6, el valor medio Z_{c_ave} de los instantes de tiempo de primer paso por cero de las formas de onda que viajan hacia adelante y hacia atrás se calcula mediante la siguiente ecuación.

$$Z_{c_ave} = (Z_{cF1} + Z_{cB1})/2 \dots(13)$$

- 50 En el caso mostrado en la Figura 7, el valor medio Z_{c_ave} de los instantes de tiempo de primer paso por cero de las formas de onda que viajan hacia adelante y hacia atrás se calcula mediante la siguiente ecuación.

$$Z_{c_ave} = (Z_{cF1} + Z_{cB2})/2 \dots(14)$$

En el caso mostrado en la Figura 8, el valor medio Z_{c_ave} de los instantes de tiempo de primer paso por cero de las formas de onda que viajan hacia adelante y hacia atrás se calcula mediante la siguiente ecuación.

$$Z_{c_ave} = (Z_{cF2} + Z_{cB1})/2 \dots(15)$$

5 El valor medio Z_{c_ave} se puede considerar como el primer instante de tiempo de paso por cero que se obtiene con la suposición de que las ondas ultrasónicas a través del gas de muestra. En la presente solicitud, al valor Z_{c_ave} se le denomina instante de tiempo de paso por cero de referencia.

10 Como se ha descrito anteriormente, la longitud del conducto 102 se diseña de tal manera que sólo se selecciona un número entero, lo que permite que el punto de recepción ultrasónico caiga dentro del posible rango de tiempos de propagación (Figura 9). Por lo tanto, el tiempo t_s de propagación ultrasónica se estima rastreando hacia atrás desde el primer instante de tiempo Z_{c_ave} de paso por cero a lo largo del eje de tiempos por un múltiplo entero del ciclo de las ondas ultrasónicas hasta que el punto de recepción ultrasónico cae dentro del posible rango.

La velocidad C_s de las ondas ultrasónicas a través del gas de muestra estacionario se estima mediante la siguiente ecuación (16).

$$C_s = L_s/t_s \dots(16)$$

15 La concentración de oxígeno P_s se obtiene mediante la ecuación (6) ó (7) con la C_s calculada.

Los tiempos t_{s1} y t_{s2} de propagación hacia adelante y hacia atrás a través del gas de muestra que fluye a través del conducto 202 se estiman mediante las siguientes ecuaciones

$$t_{s1} = t_s - t_d/2 \dots(17)$$

$$t_{s1} = t_s + t_d/2 \dots(18)$$

20 Las velocidades C_1 hacia adelante y C_2 hacia atrás de las ondas ultrasónicas a través del gas de muestra que fluye a través del conducto 202 se estiman mediante las siguientes ecuaciones (19) y (20).

$$C_1 = L_s/t_{s1} \dots(19)$$

$$C_2 = L_s/t_{s2} \dots(20)$$

25 A continuación, se obtiene la velocidad V de flujo del gas de muestra a través del conducto 202 mediante las ecuaciones (3), (19) y (20). Además, se calcula el caudal Q del gas de muestra mediante la siguiente ecuación (21).

$$Q = 6000\pi r^2 V \dots(21)$$

A continuación, haciendo referencia a las Figuras 11 a 15, se describirá más adelante una realización preferente del aparato ultrasónico de medida de la concentración y del caudal.

30 El aparato 10 ultrasónico de medida de la concentración y del caudal incluye un conducto 27 que proporciona el conducto 202 de la realización de la Figura 2. Carcasas 25 y 26, para contener a los transductores ultrasónicos 20 primero y 21 segundo, unidas a los extremos del conducto 27 por porciones 41 y 42 soldadas. Las carcasas 25 y 26 incluyen orificios 28 y 29 que se extienden perpendiculares al conducto 27 para proporcionar las porciones 204a de entrada y 206a de salida de la realización de la Figura 2. El conducto 27 y las carcasas 25 y 26 se fabrican preferiblemente del mismo material metálico, tal como por ejemplo aleación de aluminio.

35 El conducto 27 y las carcasas 25 y 26 están unidos en un punto al substrato 30 o a una carcasa del aparato de concentración de oxígeno por un tornillo 45. Esta configuración permite la deformación longitudinal del conducto 27 libremente por fuerza externa que se puede generar cuando el conducto 27 se deforma térmicamente.

40 Tapas 23 y 24 están fijadas a las carcasas 25 y 26 para cerrar las aberturas finales de las carcasas mediante tornillos 43 y 44 quedando aprisionadas juntas tóricas 39 y 40 entre las carcasas 25 y 26 y las tapas 23 y 24. Los transductores ultrasónicos primero 20 y segundo 21 están fijados a las superficies interiores de las tapas 23 y 24. Los transductores ultrasónicos primero 20 y segundo 21 generan 40 kHz de ondas ultrasónicas.

45 Además, sensores de temperatura 37 y 38 para detectar la temperatura del gas están fijados a las superficies interiores de las tapas 23 y 24. Los transductores ultrasónicos primero 20 y segundo 21 y los sensores de temperatura 37 y 38 están acoplados al microcomputador 226 a través de conectores 31 y 34 fijados a las superficies exteriores de las tapas 23 y 24, cables 33 y 36 y conectores 32 y 35 montados sobre el substrato 30.

50 La distancia D entre las caras finales de los transductores ultrasónicos primero 20 y segundo 21 y los respectivos extremos del conducto 27 es un factor de diseño significativo. Por lo general, el campo acústico formado por las ondas ultrasónicas procedentes de un transductor ultrasónico incluye campos acústicos cercano y lejano, como se muestra en la Figura 12. Las ondas ultrasónicas se propagan linealmente a través del campo acústico cercano y, por otro lado, en el campo acústico lejano, se propagan en forma de ondas esféricas. Por lo tanto, si los extremos del conducto 27 están fuera del campo acústico cercano, la energía ultrasónica transmitida dentro del conducto 27 se reduce en comparación con conductos que tienen los extremos situados dentro del campo acústico cercano y, por lo tanto, la relación sonido/ruido de la señal procedente de los transductores se reduce.

Es conocido que la frontera entre los campos acústicos cercano y lejano se presenta en un punto Z_0 cuya distancia D a la cara final de un transductor ultrasónico a lo largo de la línea central del transductor está definida por la siguiente ecuación (22).

$$D = f \times r^2 / C \dots(22)$$

5 donde:

f: frecuencia de las ondas ultrasónicas en el gas de muestra (Hz)

r: radio interior del conducto (m)

C: velocidad de las ondas ultrasónicas (m/s)

10 Como se ha descrito anteriormente, la velocidad C a través de un gas de muestra está definida por la ecuación (1). Por lo tanto, cuanto mayor sea la temperatura del gas y menor sea el peso molecular, mayor se hará la velocidad C . De acuerdo con la realización, la condición que maximiza Z_0 es, por ejemplo, que el gas de muestra sea el aire a 35 grados Celsius y entonces, Z_0 es aproximadamente 1,4 mm.

15 Las Figuras 13-15 muestran resultados experimentales de formas de onda ultrasónicas que fueron obtenidas por un aparato de la Figura 11 con la distancia d de 0,3 mm, 1,0 mm y 1,8 mm. Los resultados experimentales sugieren que la energía ultrasónica recibida por el transductor ultrasónico se reduce de forma significativa cuando la distancia d es 1,8 mm en comparación con los casos de la distancia d de 0,3 mm y de 1,0 mm.

En un aspecto adicional, se proporciona un aparato ultrasónico para medir la concentración y el caudal de un gas de muestra, que comprende:

un conducto para que fluya el gas de muestra;

20 un primer dispositivo ultrasónico de transmisión-recepción montado en el interior del conducto;

un segundo dispositivo ultrasónico de transmisión-recepción montado en el interior del conducto de forma que quede enfrentado con el primer dispositivo ultrasónico de transmisión-recepción;

25 un conmutador de transmisión-recepción para conmutar el modo de funcionamiento de los dispositivos ultrasónicos de transmisión-recepción primero y segundo entre un modo de transmisión para transmitir ondas ultrasónicas y un modo de recepción para recibir ondas ultrasónicas; un sensor de temperatura, situado dentro del conducto, para medir la temperatura del gas de muestra que fluye a través del conducto;

30 generando el primer dispositivo ultrasónico de transmisión-recepción, cuando se encuentra en el modo de transmisión, ondas ultrasónicas que viajan hacia adelante con respecto a la dirección de flujo del gas de muestra, y generando dicho dispositivo, cuando se encuentra en el modo de recepción, forma de onda que viaja hacia atrás sobre la base de las ondas ultrasónicas recibidas que fueron generadas por el segundo dispositivo ultrasónico de transmisión-recepción;

35 generando el segundo dispositivo ultrasónico de transmisión-recepción, cuando se encuentra en el modo de transmisión, ondas ultrasónicas que viajan hacia atrás con respecto a la dirección de flujo del gas de muestra, y generando dicho dispositivo, cuando se encuentra en el modo de recepción, forma de onda que viaja hacia adelante sobre la base de las ondas ultrasónicas recibidas que fueron generadas por el primer dispositivo ultrasónico de transmisión-recepción;

medios para generación de señales de disparo cuando las formas de onda que viajan hacia adelante y las que viajan hacia atrás superan un nivel predeterminado;

40 medios para generación de señales de paso por cero hacia adelante y hacia atrás cuando las formas de onda que viajan hacia adelante y las que viajan hacia atrás superan un nivel cero;

45 medios de cálculo del tiempo de propagación, acoplados al sensor de temperatura, a los medios para generación de señales de disparo y a los medios para generación de señales de paso por cero, para (1) calcular un posible rango de tiempos de propagación sobre la base de la temperatura del gas detectada por el sensor de temperatura, (2) determinar si las fases en las cuales dos primeras señales de disparo, generadas respectivamente sobre la base de las formas de onda que viajan hacia adelante y de las que viajan hacia atrás, coinciden o no la una con la otra, (3) procesar las señales de paso por cero de tal manera que las fases coincidan la una con la otra si no lo hacían antes, (4) obtener instante de tiempo de paso por cero de referencia por cálculo del valor medio de los instantes de tiempo de paso por cero en dirección hacia adelante y en dirección hacia atrás, (5) obtener un punto de recepción ultrasónico restando un múltiplo entero del ciclo de las ondas ultrasónicas de tal manera que los resultados de la resta caigan dentro del posible rango de tiempos de propagación y (6) estimar el tiempo de propagación ultrasónica sobre la base de el punto de recepción ultrasónico.

55 Preferiblemente, en este aparato ultrasónico la distancia a lo largo del conducto entre dispositivos ultrasónicos de transmisión-recepción primero y segundo se selecciona de tal manera que sólo un resultado de la resta caiga dentro del posible rango de tiempos de propagación determinado en las posibles condiciones de trabajo del aparato ultrasónico.

ES 2 600 525 T3

La distancia a lo largo del conducto entre los dispositivos ultrasónicos de transmisión-recepción primero y segundo se selecciona preferiblemente para que cumpla la siguiente relación.

$$(L_s/C_{\min}(T_{\min}) - L_s/C_{\max}(T_{\min})) < 1/f$$

donde:

5 L_s : longitud de propagación (m)

f: frecuencia de las ondas ultrasónicas en el gas de muestra (Hz)

$C_{\min}(T_{\min})$: el límite inferior de la velocidad ultrasónica (m/s) a través del gas de muestra a la temperatura mínima de trabajo T_{\min} (grados Celsius), y

10 $C_{\max}(T_{\min})$: el límite superior de la velocidad ultrasónica (m/s) a través del gas de muestra a la temperatura mínima de trabajo T_{\min} (grados Celsius)

El radio interior del conducto se puede seleccionar de tal manera que la diferencia entre el tiempo de propagación hacia adelante y hacia atrás es menor que el ciclo de las ondas ultrasónicas bajo la condición de trabajo del gas de muestra.

El radio interior del conducto se puede seleccionar para que cumpla la siguiente relación

15
$$L_s(C_{\min}(T_{\min}) - Q_{\max}/(60000\pi r^2)) - L_s(C_{\min}(T_{\min}) + Q_{\max}/(60000\pi r^2)) < 1/f$$

donde:

L_s : longitud de propagación (m) y

r: radio interior del conducto (m)

f: frecuencia de las ondas ultrasónicas en el gas de muestra (Hz)

20 $C_{\min}(T_{\min})$: el límite inferior de la velocidad ultrasónica (m/s) a través del gas de muestra a la temperatura mínima de trabajo T_{\min} (grados Celsius)

Q_{\max} : el límite superior del caudal del gas de muestra (litros/min)

Preferiblemente el conducto del aparato anterior incluye una porción recta y porciones perpendiculares conectadas perpendicularmente a los extremos de la porción recta;

25 los dispositivos ultrasónicos de transmisión-recepción primero y segundo están situados en las porciones perpendiculares de forma que queden enfrentados con los extremos de la porción recta;

y la distancia entre los dispositivos ultrasónicos de transmisión-recepción primero y segundo y los respectivos extremos de la porción recta del conducto cumplen la siguiente relación

$$0 < D < f \times r^2 / C$$

30 D: la distancia (m) entre los dispositivos ultrasónicos de transmisión-recepción primero y segundo y los respectivos extremos de la porción recta

f: frecuencia de las ondas ultrasónicas en el gas de muestra (Hz)

r: radio interior del conducto (m)

C: velocidad de las ondas ultrasónicas (m/s).

35 Un aspecto adicional se refiere a un método para medir la concentración de gas de muestra que fluye a través de un conducto y comprende los pasos de:

generar ondas ultrasónicas que viajan hacia adelante con respecto a la dirección del flujo del gas de muestra;

generar ondas ultrasónicas que viajan hacia atrás con respecto a la dirección del flujo del gas de muestra;

medir la temperatura del gas de muestra que fluye a través del conducto;

40 generar señales de disparo cuando las formas de onda que viajan hacia adelante y las que viajan hacia atrás superen un nivel predeterminado;

generar señales de paso por cero hacia adelante y hacia atrás cuando las formas de onda que viajan hacia adelante y las que viajan hacia atrás superen un nivel cero;

45 calcular un posible rango de tiempos de propagación sobre la base de la temperatura del gas detectada por el sensor de temperatura;

determinar si las fases en las cuales dos primeras señales de disparo, generadas respectivamente sobre la base de las formas de onda que viajan hacia adelante y de las que viajan hacia atrás, coinciden la una con la otra;

procesar las señales de paso por cero de tal manera que las fases coincidan la una con la otra si no lo hacían antes;

obtener instante de tiempo de paso por cero de referencia calculando valor medio de los instantes de tiempo de paso por cero en dirección hacia adelante y en dirección hacia atrás;

- 5 obtener un punto de recepción ultrasónico restando un múltiplo entero del ciclo de las ondas ultrasónicas de tal manera que los resultados de la resta caigan dentro del posible rango de tiempos de propagación; y
estimar el tiempo de propagación ultrasónica/o sobre la base del punto de recepción ultrasónico.

10 En este método, en el cual las ondas ultrasónicas que viajan hacia adelante y las que viajan hacia atrás preferiblemente son transmitidas y recibidas por dispositivos ultrasónicos de transmisión-recepción primero y segundo que están situados dentro del conducto, seleccionándose la distancia a lo largo del conducto entre los dispositivos ultrasónicos de transmisión-recepción primero y segundo de tal manera que sólo un resultado de la resta caiga dentro del posible rango de tiempos de propagación en las posibles condiciones de trabajo del aparato ultrasónico.

15 La distancia a lo largo del conducto entre los dispositivos ultrasónicos de transmisión-recepción primero y segundo se puede seleccionar para que cumpla la siguiente relación

$$(L_s/C_{\min}(T_{\min}) - L_s/C_{\max}(T_{\min})) < 1/f$$

donde:

f: frecuencia de las ondas ultrasónicas en el gas de muestra (Hz)

20 $C_{\min}(T_{\min})$: el límite inferior de la velocidad ultrasónica (m/s) a través del gas de muestra a la temperatura mínima de trabajo T_{\min} (grados Celsius)

$C_{\max}(T_{\min})$: el límite superior de la velocidad ultrasónica (m/s) a través del gas de muestra a la temperatura mínima de trabajo T_{\min} (grados Celsius)

25 Preferiblemente, el radio interior del conducto se selecciona de tal manera que la diferencia entre el tiempo de propagación hacia adelante y hacia atrás sea menor que el ciclo de las ondas ultrasónicas bajo la condición de trabajo del gas de muestra.

Además, el radio interior del conducto preferiblemente se selecciona para que cumpla la siguiente relación

$$L_s(C_{\min}(T_{\min}) - Q_{\max}/(60000\pi r^2)) - L_s(C_{\min}(T_{\min}) - Q_{\max}/(60000\pi r^2)) < 1/f$$

donde:

L_s : longitud de propagación (m)

30 r: radio interior del conducto (m)

f: frecuencia de las ondas ultrasónicas en el gas de muestra (Hz)

$C_{\min}(T_{\min})$: el límite inferior de la velocidad ultrasónica (m/s) a través del gas de muestra a la temperatura mínima de trabajo T_{\min} (grados Celsius)

Q_{\max} : el límite superior del caudal del gas de muestra (litros/min)

35 Aún otro aspecto se refiere a un sistema de concentración de oxígeno para generar un gas enriquecido en oxígeno, y comprende:

un aparato de concentración de oxígeno para generar un gas enriquecido en oxígeno por adsorción de nitrógeno para extraer el nitrógeno del aire; y

40 un aparato ultrasónico para medir la concentración de oxígeno en el gas enriquecido en oxígeno y el caudal del gas enriquecido en oxígeno, comprendiendo el aparato ultrasónico:

un conducto para recibir y hacer fluir el gas enriquecido en oxígeno;

un primer dispositivo ultrasónico de transmisión-recepción montado en el interior del conducto;

un segundo dispositivo ultrasónico de transmisión-recepción montado en el interior del conducto de forma que quede enfrentado con el primer dispositivo ultrasónico de transmisión-recepción;

45 un conmutador de transmisión-recepción para conmutar el modo de funcionamiento de los dispositivos ultrasónicos de transmisión-recepción primero y segundo entre un modo de transmisión para transmitir ondas ultrasónicas y un modo de recepción para recibir ondas ultrasónicas;

un sensor de temperatura, situado dentro del conducto, para medir la temperatura del gas enriquecido en oxígeno que fluye a través del conducto;

generando el primer dispositivo ultrasónico de transmisión-recepción, cuando se encuentra en el modo de transmisión, ondas ultrasónicas que viajan hacia adelante con respecto a la dirección de flujo del gas enriquecido en oxígeno, y generando dicho dispositivo, cuando se encuentra en el modo de recepción, forma de onda que
5 viaja hacia atrás sobre la base de las ondas ultrasónicas recibidas que fueron generadas por el segundo dispositivo ultrasónico de transmisión-recepción;

generando el segundo dispositivo ultrasónico de transmisión-recepción, cuando se encuentra en el modo de transmisión, ondas ultrasónicas que viajan hacia atrás con respecto a la dirección de flujo del gas enriquecido en oxígeno, y generando dicho dispositivo, cuando se encuentra en el modo de recepción, forma de onda que viaja
10 hacia adelante sobre la base de las ondas ultrasónicas recibidas que fueron generadas por el primer dispositivo ultrasónico de transmisión-recepción;

medios para generación de señales de disparo cuando las formas de onda que viajan hacia adelante y las que viajan hacia atrás superan un nivel predeterminado;

medios para generación de señales de paso por cero hacia adelante y hacia atrás cuando las formas de onda que viajan hacia adelante y las que viajan hacia atrás superan un nivel cero;

medios de cálculo del tiempo de propagación, acoplados al sensor de temperatura, a los medios para generación de señales de disparo y a los medios para generación de señales de paso por cero, para (1) calcular un posible
15 rango de tiempos de propagación sobre la base de (sobre la base de) la temperatura del gas detectada por el sensor de temperatura, (2) determinar si las fases en las cuales dos primeras señales de disparo, generadas respectivamente sobre la base de las formas de onda que viajan hacia adelante y de las que viajan hacia atrás,
20 coinciden o no la una con la otra, (3) procesar las señales de paso por cero de tal manera que las fases coincidan la una con la otra si no lo hacían antes, (4) obtener instante de tiempo de paso por cero de referencia por cálculo del valor medio de los instantes de tiempo de paso por cero en dirección hacia adelante y en dirección hacia atrás, (5) obtener un punto de recepción ultrasónico restando un múltiplo entero del ciclo de las
25 ondas ultrasónicas de tal manera que los resultados de la resta caigan dentro del posible rango de tiempos de propagación y (6) estimar el tiempo de propagación ultrasónica sobre la base de el punto de recepción ultrasónico.

En este sistema de concentración de oxígeno, la distancia a lo largo del conducto entre dispositivos ultrasónico de transmisión-recepción primero y segundo preferiblemente se selecciona de tal manera que sólo un resultado de la
30 resta caiga dentro del posible rango de tiempos de propagación determinado en las posibles condiciones de trabajo del aparato ultrasónico.

En dicho sistema de concentración de oxígeno, la distancia a lo largo del conducto entre los dispositivos ultrasónicos de transmisión-recepción primero y segundo también se puede seleccionar para que (se) cumpla la siguiente relación

$$(L_s/C_{\min}(T_{\min}) - L_s/C_{\max}(T_{\min})) < 1/f$$

donde:

35 L_s : longitud de propagación (m)

f: frecuencia de las ondas ultrasónicas en el gas de muestra (Hz)

$C_{\min}(T_{\min})$: el límite inferior de la velocidad ultrasónica (m/s) a través del gas de muestra a la temperatura mínima de trabajo T_{\min} (grados Celsius)

40 $C_{\max}(T_{\min})$: el límite superior de la velocidad ultrasónica (m/s) a través del gas de muestra a la temperatura mínima de trabajo T_{\min} (grados Celsius)

Además, el sistema de concentración de oxígeno se puede caracterizar porque el radio interior del conducto se selecciona de tal manera que la diferencia entre el tiempo de propagación hacia adelante y hacia atrás es menor que el ciclo de las ondas ultrasónicas bajo la condición de trabajo del gas enriquecido en oxígeno.

El radio interior del conducto preferiblemente se selecciona para que cumpla la siguiente relación

$$L_s(C_{\min}(T_{\min}) - Q_{\max}/60000\pi r^2) - L_s(C_{\min}(T_{\min}) + Q_{\max}/60000\pi r^2) < 1/f$$

donde:

L_s : longitud de propagación (m)

r: radio interior del conducto (m)

f: frecuencia de las ondas ultrasónicas en el gas de muestra (Hz)

50 $C_{\min}(T_{\min})$: el límite inferior de la velocidad ultrasónica (m/s) a través del gas de muestra a la temperatura mínima de trabajo T_{\min} (grados Celsius)

Q_{\max} : el límite superior del caudal del gas de muestra (litros/min)

ES 2 600 525 T3

5 En una realización, el conducto incluye una porción recta y porciones perpendiculares conectadas perpendicularmente a los extremos de la porción recta; los dispositivos ultrasónicos de transmisión-recepción primero y segundo están situados en las porciones perpendiculares de forma que queden enfrentados con los extremos de la porción recta; y la distancia entre los dispositivos ultrasónicos de transmisión-recepción primero y segundo y los respectivos extremos de la porción recta del conducto que cumple la siguiente relación:

$$0 < D < f \times r^2 / C$$

D: la distancia (m) entre los dispositivos ultrasónicos de transmisión-recepción primero y segundo y los respectivos extremos de la porción recta

f: frecuencia de las ondas ultrasónicas en el gas de muestra (Hz)

10 r: radio interior del conducto (m)

C: velocidad de las ondas ultrasónicas (m/s).

Además el conducto puede estar asegurado al aparato de concentración de oxígeno en un punto para permitir que el conducto se expanda térmicamente en la dirección longitudinal de la porción recta libremente por fuerza externa que se puede generar cuando el conducto se deforma térmicamente.

15

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de concentración de oxígeno para generar un gas enriquecido en oxígeno, que comprende:
- un aparato de concentración de oxígeno (102) para generar un gas enriquecido en oxígeno mediante adsorción de nitrógeno para eliminar el nitrógeno del aire; y
- 5 un aparato de ultrasonidos (200) para medir la concentración del oxígeno en el gas enriquecido en oxígeno y el caudal del gas enriquecido en oxígeno, aparato de ultrasonidos (200) que comprende:
- dos dispositivos de transmisión-recepción de ultrasonidos (218, 222);
- caracterizado por dos alojamientos (25, 26) para encerrar cada uno de los dispositivos de transmisión-recepción de ultrasonidos e incluyendo puertos para proporcionar una entrada y una salida para el gas enriquecido con oxígeno; y
- 10 un conducto (27) para la conexión entre los alojamientos, estando hechos el conducto y las carcasas del mismo material metálico;
- en el que los puertos se extienden perpendiculares al conducto (27) ;
- en el que el aparato de ultrasonidos (200) está asegurado en un punto a una carcasa del aparato de concentración de oxígeno (102) por un tornillo (45) a fin de permitir una deformación longitudinal del conducto (27); y
- 15 en el que la distancia entre el primer y segundo dispositivos ultrasónicos de transmisión-recepción (218, 222) y los respectivos extremos del conducto satisface la siguiente relación:
- $$0 < D < f \cdot r^2 / c$$
- donde:
- 20 D: la distancia (m) entre los dispositivos ultrasónicos de transmisión-recepción primero y segundo (218, 222) y los respectivos extremos del conducto (27),
- f: frecuencia de las ondas ultrasónicas en el gas de muestra (Hz)
- r: radio interior del conducto (m) (202), y
- C: velocidad de las ondas ultrasónicas (m/s).
- 25 **2.** Un sistema de concentración de oxígeno de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el medio de fijación es un medio para asegurar un punto del conducto del aparato de ultrasonidos al aparato de concentración de oxígeno.

Fig.1

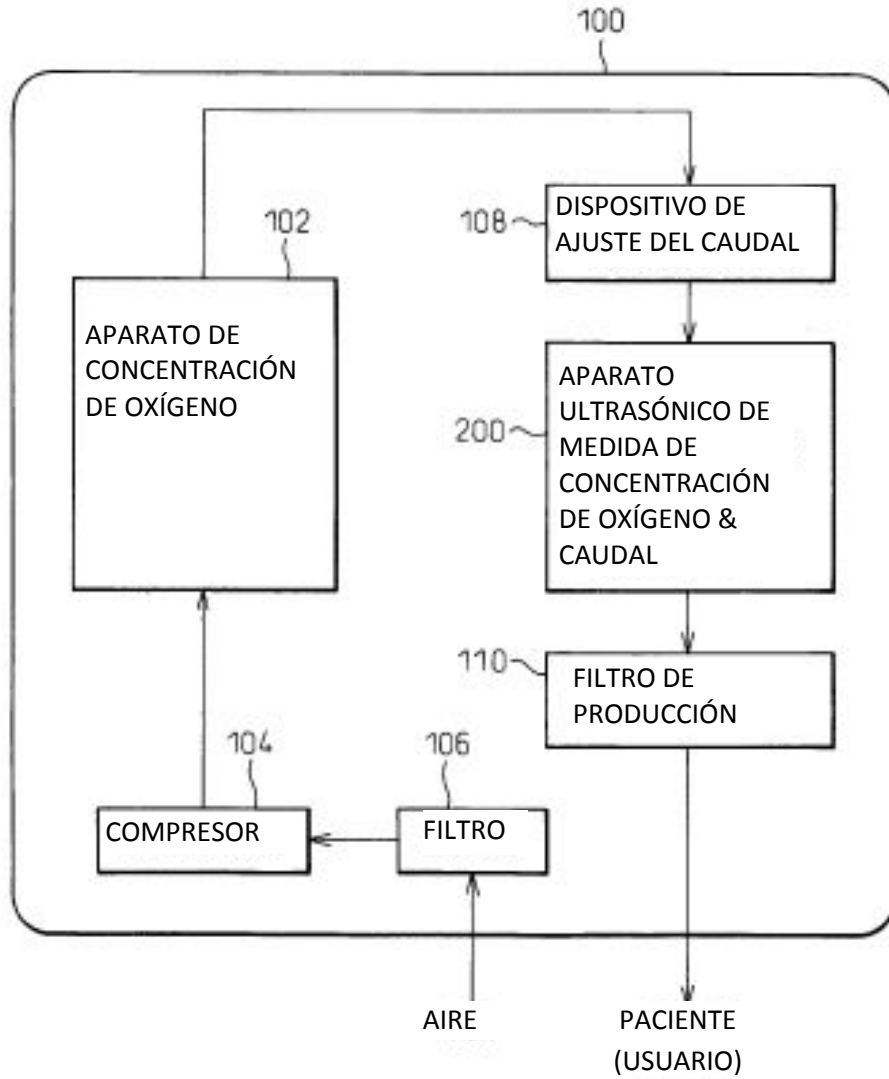


Fig.2

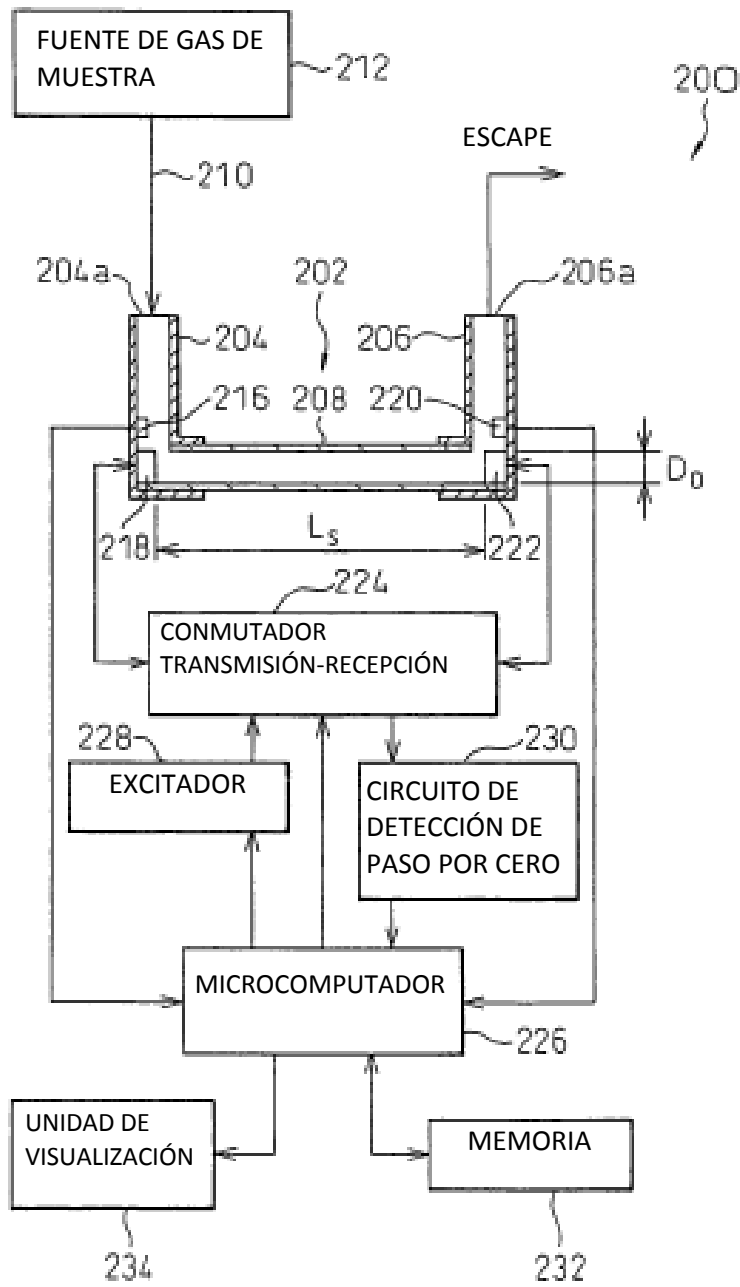


Fig.3A

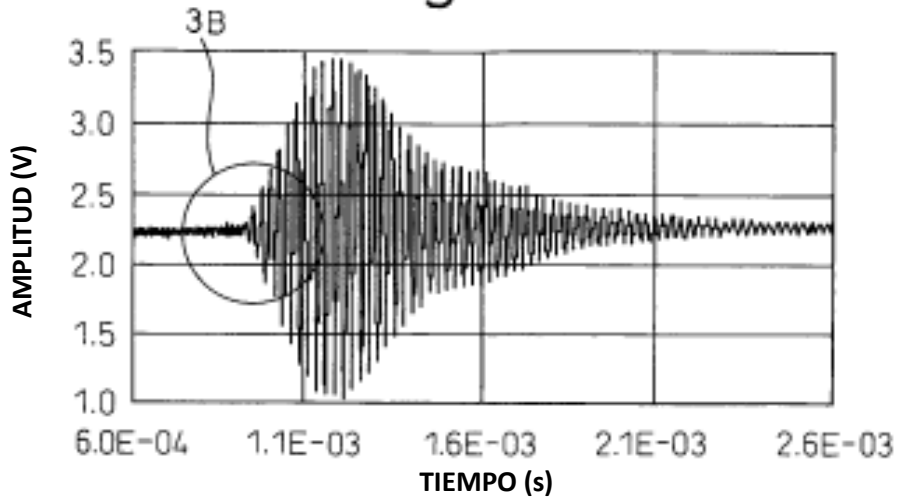


Fig.3B

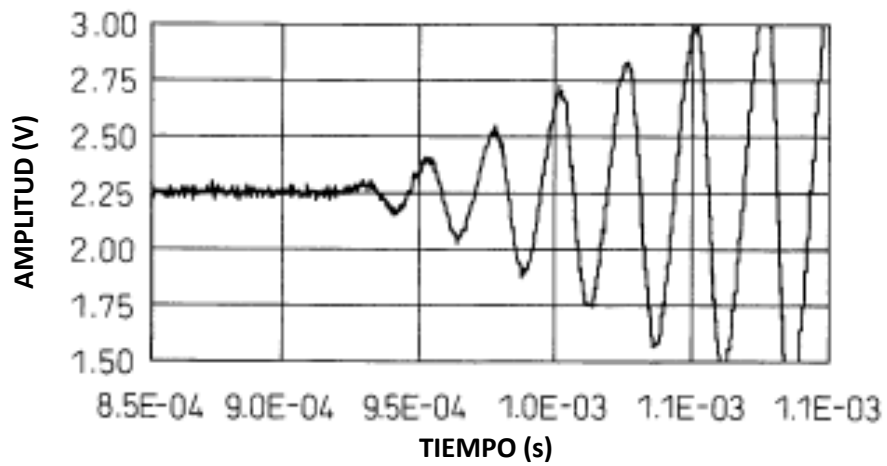


Fig.4

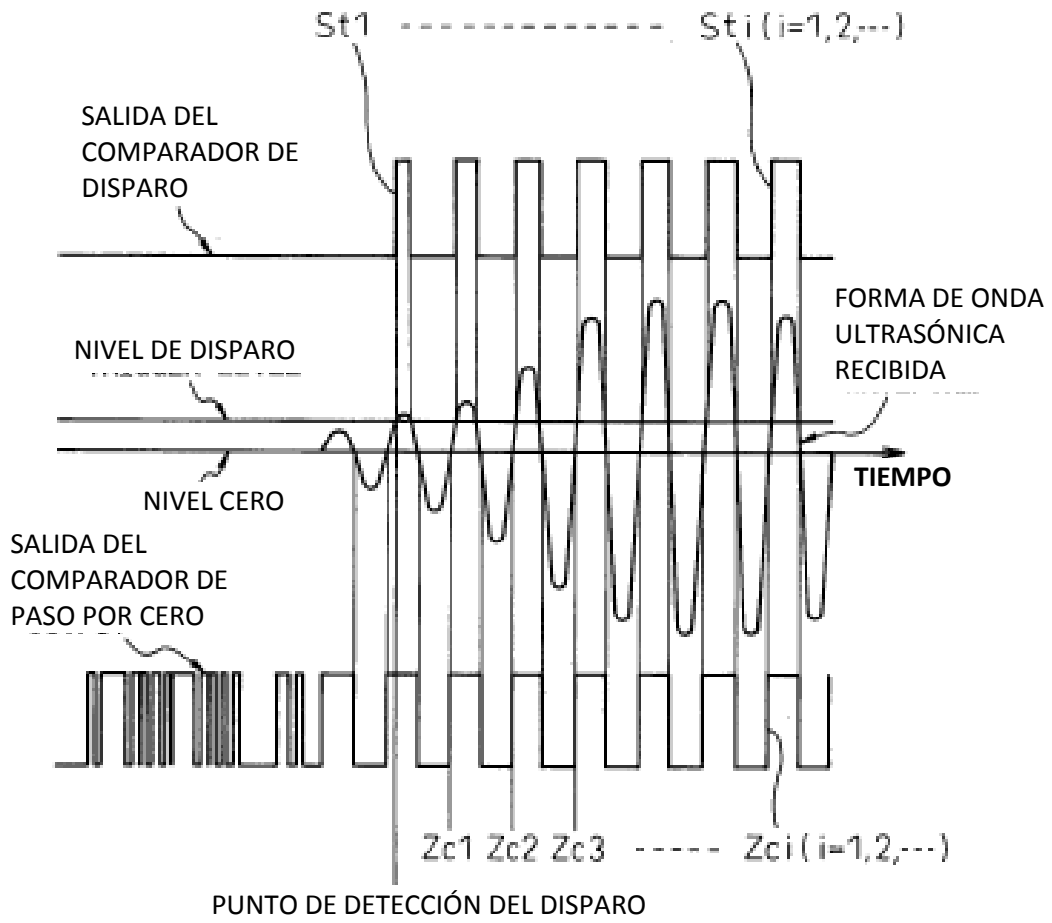


Fig.5

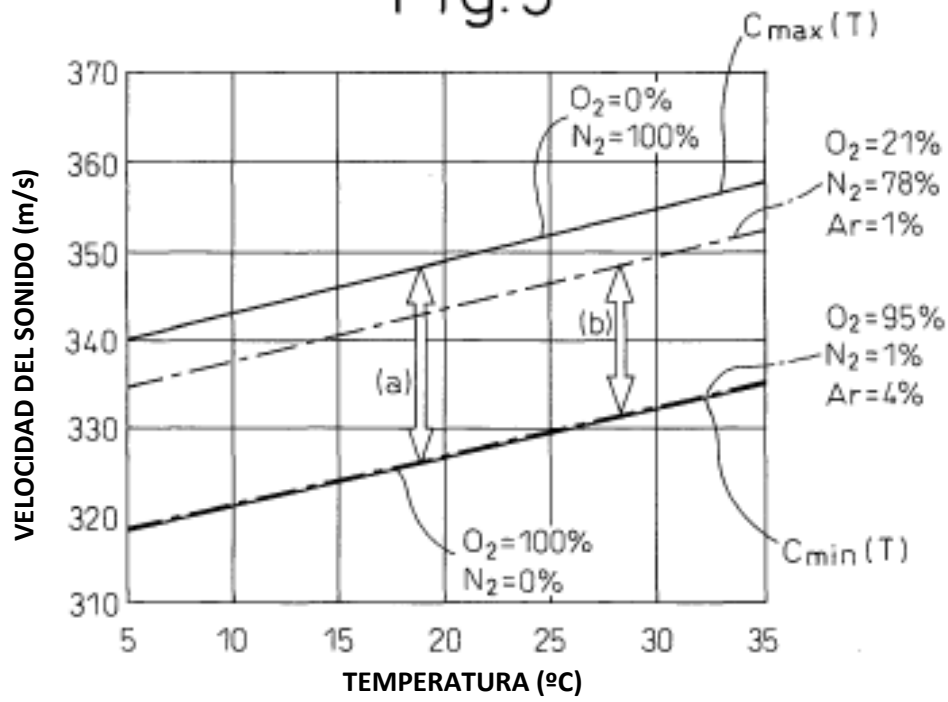


Fig.6

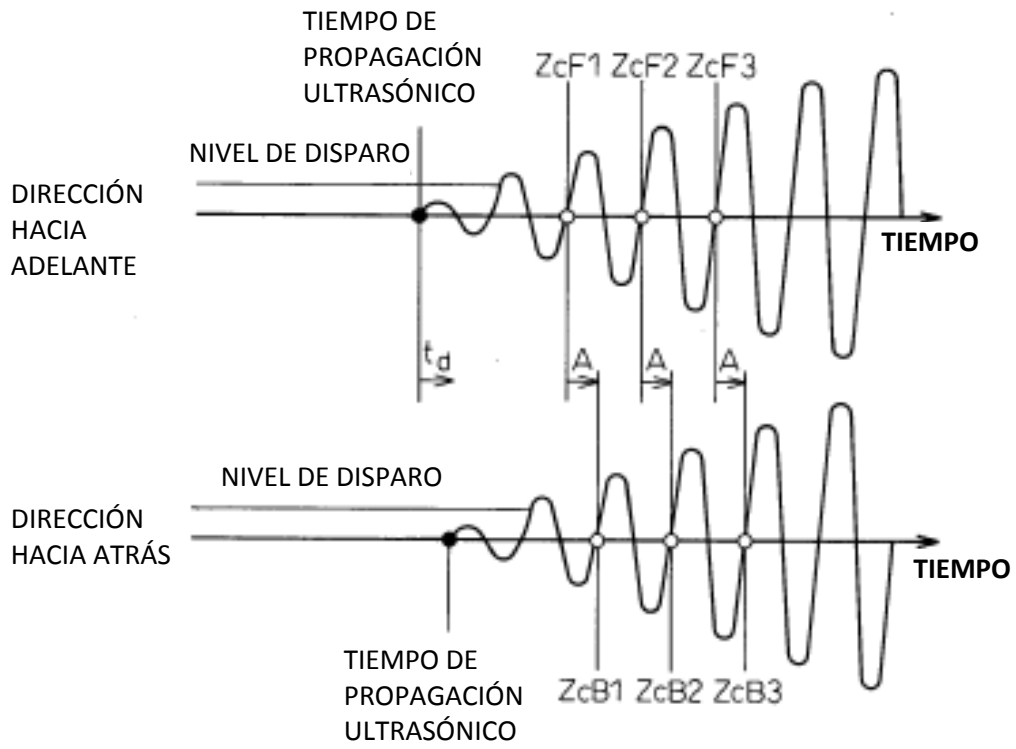


Fig.7

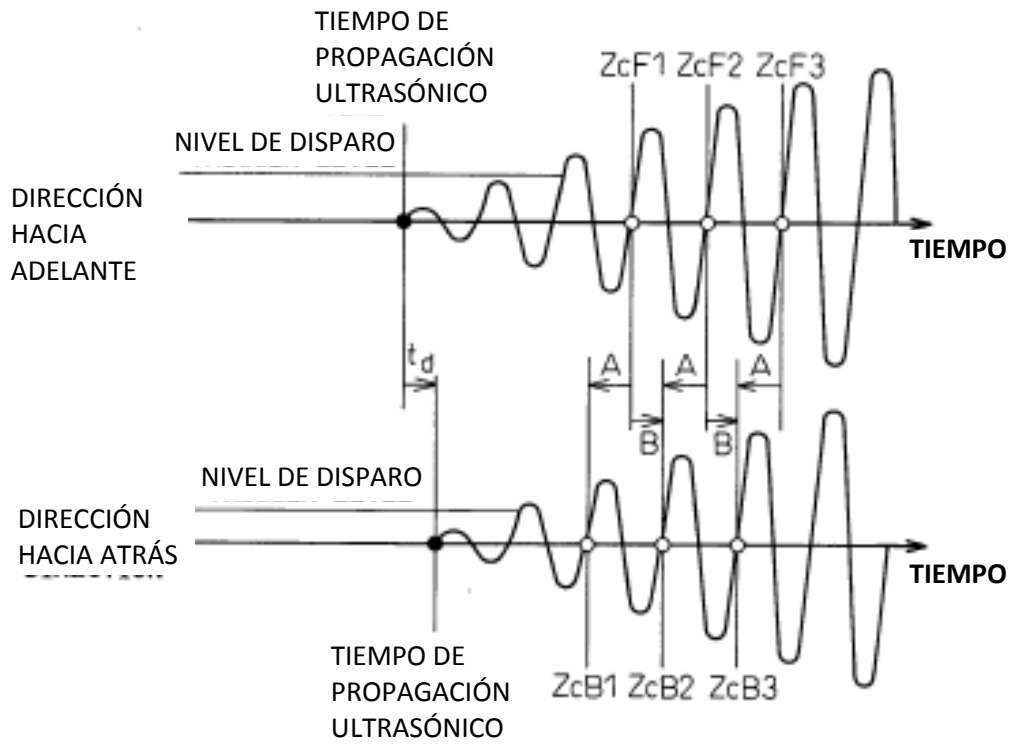


Fig.8

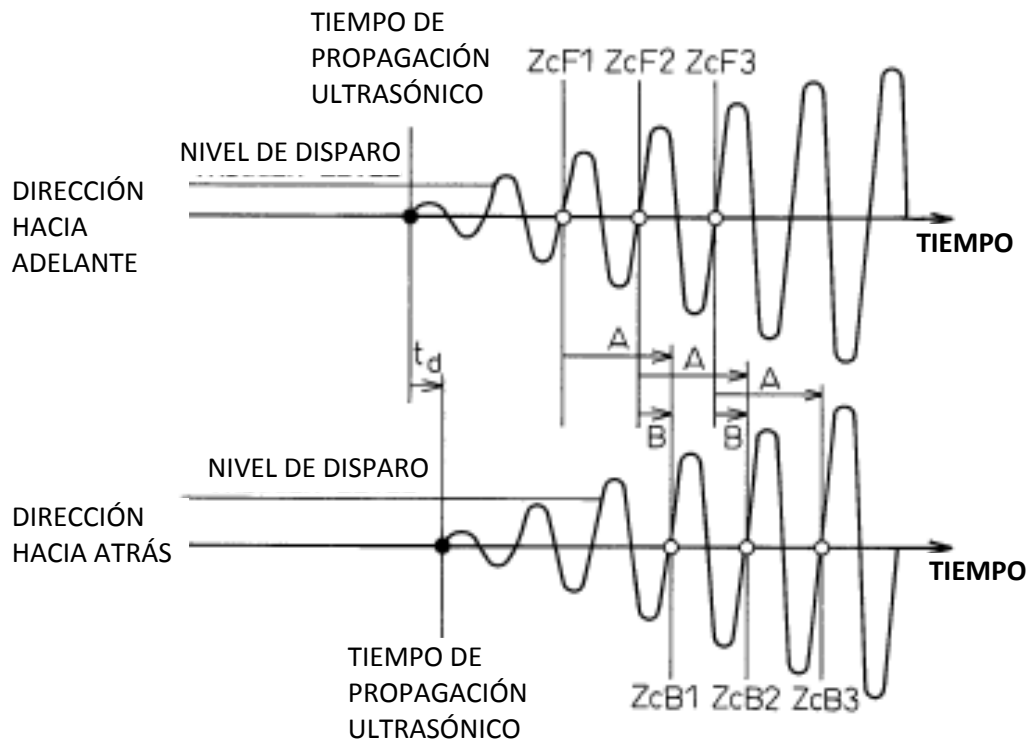


Fig.9

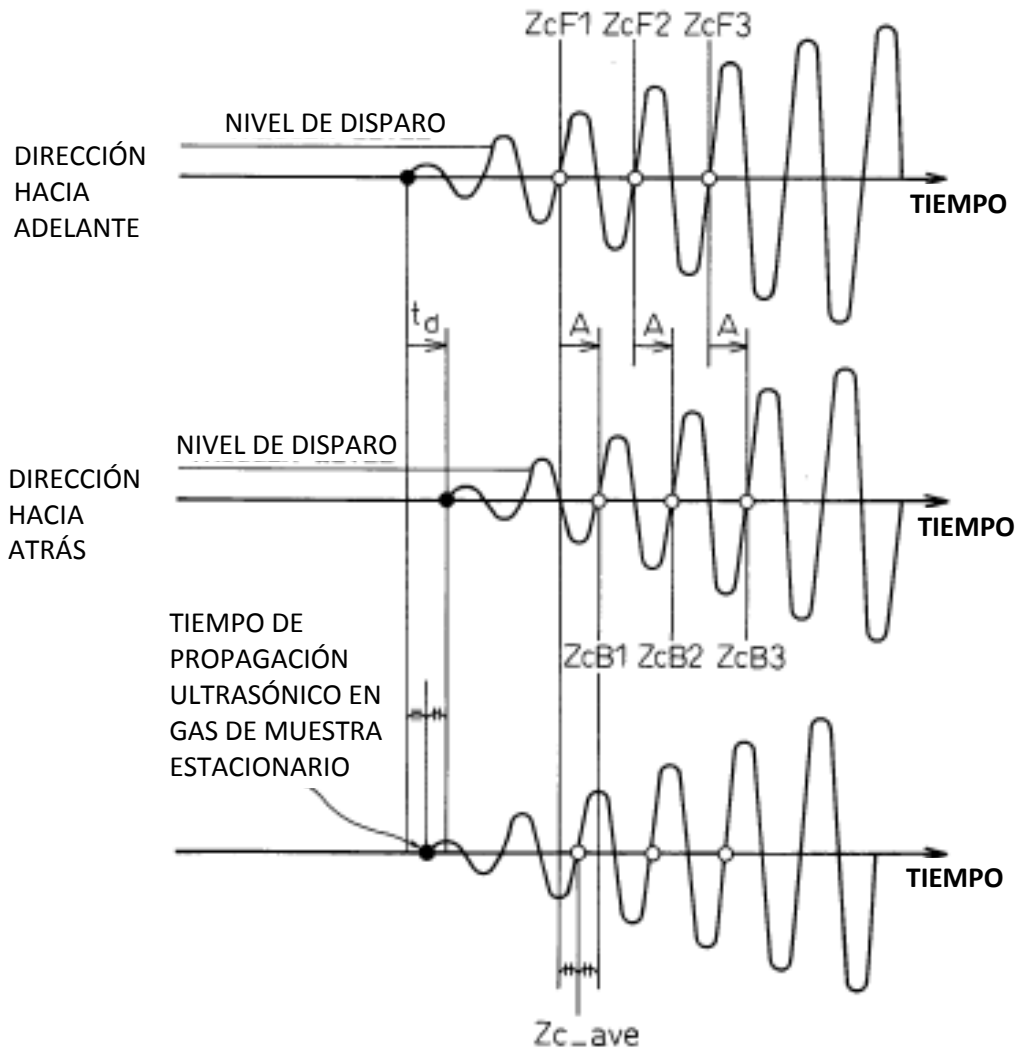


Fig.10

PUNTO DE RECEPCIÓN ULTRASÓNICO
EN GAS DE MUESTRA ESTACIONARIO t_s

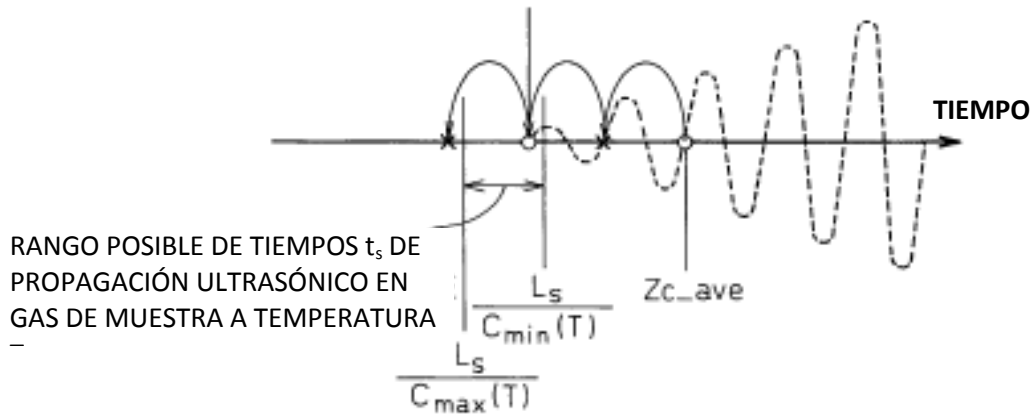


Fig.11

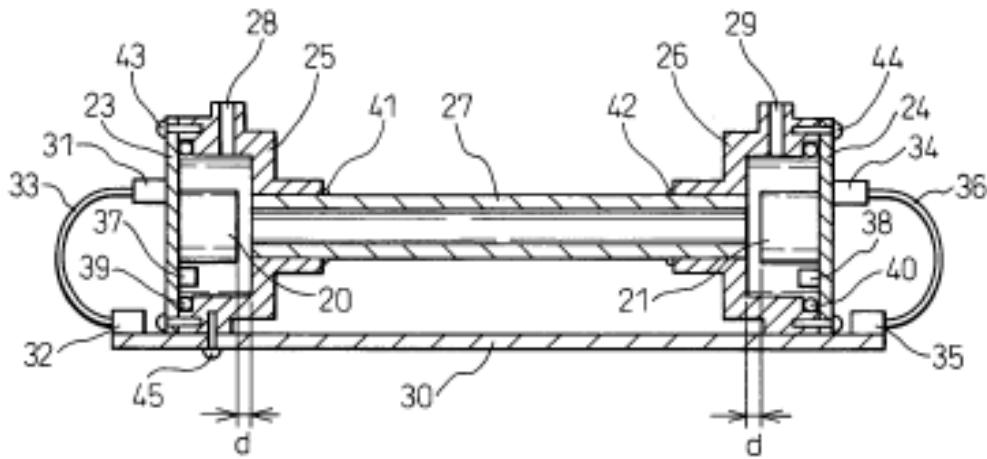


Fig.12

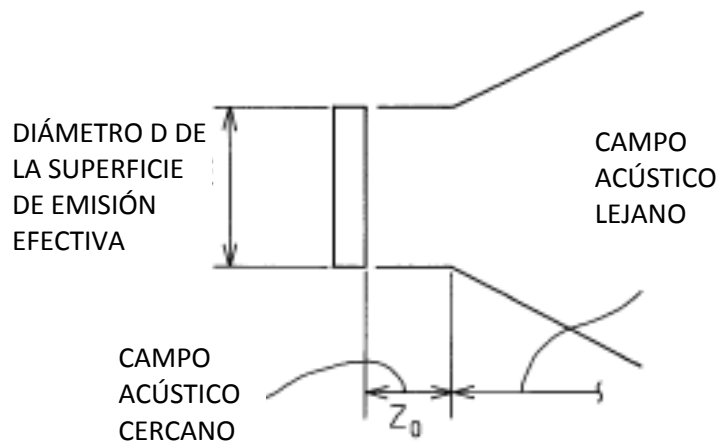


Fig.13

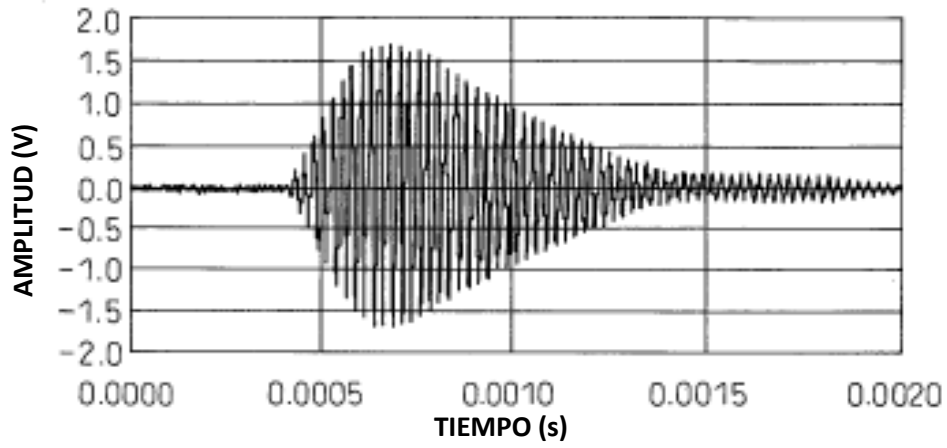


Fig.14

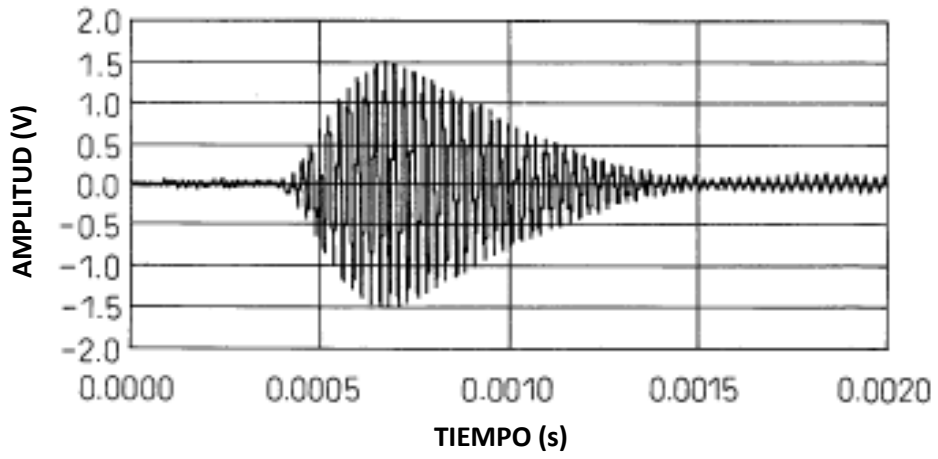


Fig.15

